

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

This Page Blank (uspto)



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000065686 A

(43) Date of publication of application: 03 . 03 . 00

(51) Int. Cl

G01M 11/00
H04B 10/08
H04B 10/02
H04B 10/18

(21) Application number: 10240705

(22) Date of filing: 26 . 08 . 98

(71) Applicant: NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(72) Inventor: TEJIMA MITSUHIRO
KOGA MASABUMI

(54) TIME-SHARING WAVELENGTH MONITORING APPARATUS

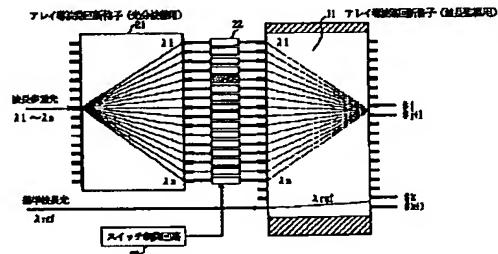
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a time-sharing wavelength monitoring apparatus which reduces a cross talk even when a wavelength multiplexing number is increased and by which respective wavelengths can be measured with high accuracy by a method wherein wavelength multiplexing light is demultiplexed, one arbitrary wavelength is selected by an optical gate switch and a cross wavelength is discriminated.

SOLUTION: Wavelength multiplexing light in which a plurality of beams of wavelength light λ_1 to λ_n are multiplexed is input to a prescribed input port in an array waveguide diffraction grating 21, and it is demultiplexed so as to be input to a plurality of optical gate switches 22 from prescribed output ports. The optical gate switches 22 are ON-OFF-controlled individually by a switch control circuit 23, and only wavelength light from one object to be monitored is output. In an array waveguide diffraction grating 11, respective beams of wavelength light which are input individually to corresponding input ports are output from adjacent prescribed output ports $\#_i$, $\#_i+1$, and they are discriminated by a photodetector and a computing means (a logarithmic amplifier) so as to be output as wavelength monitoring outputs. Wavelength monitoring outputs (error outputs) with reference to reference

wavelength light λ_{ref} which are output from output ports $\#_k$, $\#_k+1$ are fed back to a temperature control circuit via a negative feedback loop.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



This Page Blank (uspto)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-65686

(P2000-65686A)

(43)公開日 平成12年3月3日(2000.3.3)

(51)Int.Cl.⁷

G 0 1 M 11/00
H 0 4 B 10/08
10/02
10/18

識別記号

F I

G 0 1 M 11/00
H 0 4 B 9/00

テーマコード(参考)
Z 5 K 0 0 2
K
U
M

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平10-240705

(22)出願日 平成10年8月26日(1998.8.26)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 手島 光啓

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 古賀 正文

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74)代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

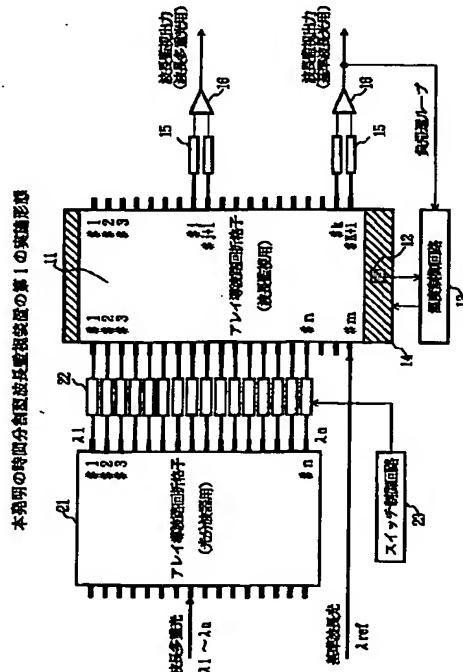
F ターム(参考) 5K002 BA05 BA06 CA09 DA02 EA05

(54)【発明の名称】 時間分割型波長監視装置

(57)【要約】

【課題】 波長多重数が増大した場合でも、波長多重光の各波長を高精度に測定し、かつ小型で信頼性の高い時間分割型波長監視装置を実現する。

【解決手段】 波長多重光を分波し、光ゲートスイッチで任意の一波長を選択し、アレイ導波路回折格子と波長弁別手段により交差波長弁別を行う波長監視回路に入力する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の波長光を多重した波長多重光を入力し、各波長光に分波する光分波器と、前記光分波器で分波された各波長光を入力し、それぞれ個別に透過または遮断する複数の光ゲートスイッチと、前記複数の光ゲートスイッチを1つずつ透過状態に設定し、前記各波長光を個別に出力させるスイッチ制御回路と、前記複数の光ゲートスイッチに対応する複数の入力ポートと、透過中心波長間隔が前記波長多重光の波長間隔に設定された複数の出力ポートを有し、前記各光ゲートスイッチからそれぞれ対応する入力ポートに個別に入力される各波長光を所定の隣接する2つの出力ポートに出力する第1のアレイ導波路回折格子と、前記第1のアレイ導波路回折格子の所定の隣接する2つの出力ポートの透過光を電気信号に変換してその比をとり、前記スイッチ制御回路により選択された波長光の波長弁別を行う波長弁別手段とを備えたことを特徴とする時間分割型波長監視装置。

【請求項2】請求項1に記載の時間分割型波長監視装置において、原子または分子の吸収線に絶対周波数安定化した基準波長光を第1のアレイ導波路回折格子に入力し、その基準波長光が出力される所定の隣接ポート出力の比をとり、その比に応じて前記第1のアレイ導波路回折格子の隣接する出力ポートの透過特性の交差周波数を一定値に制御する手段を備えたことを特徴とする時間分割型波長監視装置。

【請求項3】請求項1に記載の時間分割型波長監視装置において、光分波器は、各波長光を所定の出力ポートにそれぞれ分波して出力する第2のアレイ導波路回折格子を用いたことを特徴とする時間分割型波長監視装置。

【請求項4】請求項1または請求項3に記載の時間分割型波長監視装置において、第1のアレイ導波路回折格子および第2のアレイ導波路回折格子を同一基板上に構成したことを特徴とする時間分割型波長監視装置。

【請求項5】請求項1または請求項3に記載の時間分割型波長監視装置において、第1のアレイ導波路回折格子および第2のアレイ導波路回折格子を1つのアレイ導波路回折格子で構成したことを特徴とする時間分割型波長監視装置。

【請求項6】請求項1に記載の時間分割型波長監視装置において、光ゲートスイッチは、1入力2出力光スイッチを用い、その一方の出力を第1のアレイ導波路回折格子の各入力ポートに接続したことを特徴とする時間分割型波長監視装置。

【請求項7】請求項6に記載の時間分割型波長監視装

置において、

1入力2出力光スイッチの他方の出力に光検出器を接続し、各波長光の光強度を検出する構成であることを特徴とする時間分割型波長監視装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長多重光の各波長および各波長の光強度を監視する時間分割型波長監視装置に関する。

【0002】

【従来の技術】図1.0は、従来の波長監視回路の構成例を示す。図において、監視対象の波長多重光(波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$)と、原子または分子の吸収線に絶対周波数安定化した基準光源から出力される基準波長光は、アレイ導波路回折格子1.1の所定の入力ポートにそれぞれ入力される。アレイ導波路回折格子1.1の温度はサーミスタ1.2で検出されて温度制御回路1.3に入力され、ペルチェ素子1.4によって所定の温度に制御される。アレイ導波路回折格子1.1の出力ポート#1～#n+2には、それぞれ光検出器1.5が接続され、後段の演算手段(例えば対数増幅器)1.6によって波長監視出力が得られる。なお、基準波長光に対する波長監視出力(誤差信号)は、負帰還ループを介して温度制御回路1.3に帰還される。

【0003】図1.1は、アレイ導波路回折格子1.1の透過特性を示す。アレイ導波路回折格子1.1では、1つの入力ポートからの入力に対して、出力ポートの透過特性はガウス関数的な分波特性を示す。また、各出力ポートの透過中心波長間隔は、波長多重光(波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$)の波長間隔の1/2に設定される。

【0004】図1.2は、アレイ導波路回折格子1.1の隣接する2つの出力ポートの透過特性を示す。透過中心周波数間隔を $\Delta\nu_{sp}$ 、透過幅(半値全幅)を $\Delta\nu$ とし、図1.2では規格化透過幅($\Delta\nu/\Delta\nu_{sp}$)が0.6の場合を示した。横軸は透過中心周波数間隔で規格化した規格化周波数であり、縦軸は透過率である。

【0005】アレイ導波路回折格子1.1の透過特性は、製作誤差、面内の屈折率分布などによって理想的なガウス形状に対してクロストークが重ねられた形状を示す。その透過特性の近似関数は、

$$H_1(\nu/\Delta\nu_{sp}) = \eta_1 [XT + \exp\{-4\ln 2(\nu/\Delta\nu_{sp} + 0.5)^2/(\Delta\nu_1/\Delta\nu_{sp})^2\}]$$

$$H_2(\nu/\Delta\nu_{sp}) = \eta_2 [XT + \exp\{-4\ln 2(\nu/\Delta\nu_{sp} - 0.5)^2/(\Delta\nu_2/\Delta\nu_{sp})^2\}]$$

で与えられる。なお、 η_1 、 η_2 は透過効率、XTはクロストーク分である。図1.2では、XT=-30 dBとした。

【0006】図1.0に示す光検出器1.5はそれぞれペアで用い、アレイ導波路回折格子1.1の隣接する2つの出力ポートに取り出される光強度を検出し、演算手段1.6で比較する。この隣接ポート出力の比

$$H_2(\nu/\Delta\nu_{sp})/H_1(\nu/\Delta\nu_{sp})$$

は、規格化周波数に対して一意に与えられ、図13(1)に示すような波長弁別特性が得られる。ここでは、規格化透過幅 ($\Delta\nu/\Delta\nu_{sp}$) を0.6、クロストークXTを-25dBとし、波長多重間隔で規格化した規格化周波数(図12の規格化周波数の1/2)を横軸にとり、クロストークなしの波長弁別特性を破線、1波長入力での波長弁別特性を一点鎖線、32波長入力の場合の波長弁別特性を実線で示す。

【0007】さらに、演算手段16では、この隣接ポート出力の比をとって得られる光周波数νから透過率H($\nu/\Delta\nu_{sp}$)を求める。一方、入力波長光強度Pinに対する個々のポート出力 $\nu H(\nu/\Delta\nu_{sp})$ Pinの関係から、あらかじめ ν を測定して記憶することにより、Pinを算出することができる。このような機能により、波長監視出力および光強度監視出力が得られる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来の波長監視回路の構成では、図13(1)に示すように、波長監視部として用いるアレイ導波路回折格子11の透過特性が理想的にガウス形状の場合には波長弁別特性は直線になる(破線)が、波長多重数の増大により、理想的な直線からのずれが大きくなる(実線)。

【0009】1波長入力時の波長弁別特性に対する32波長入力時の波長弁別特性の誤差量を図13(2)に示す。本波長弁別誤差量は、1波長入力時の波長弁別特性を波長監視回路内部に補正データとして保持し、補正を実施した場合における誤差量と等価である。ここでは、100GHz等間隔波長配置の場合(ガウス形状での波長弁別特性の直線の傾きが1.5GHz/dB)で換算して、波長弁別範囲内において最大12GHz程度の測定誤差が生じることがわかる。

【0010】このように、波長多重数が増大すると、アレイ導波路回折格子11のクロストーク(光検出器としてフォトダイオードアレイを用いる場合にはそのクロストークも含む)が波長測定誤差を大きくする要因となる。

【0011】本発明は、波長多重数が増大した場合でも、波長多重光の各波長を高精度に測定し、かつ小型で信頼性の高い時間分割型波長監視装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1の時間分割型波長監視装置は、波長多重光を分波し、光ゲートスイッチで任意の一波長を選択し、アレイ導波路回折格子と波長弁別手段により交差波長弁別を行う波長監視回路に入力する構成である。これにより、波長多重光の各波長が個別に測定されることになるので、クロストークを減少させることができ、波長多重数の変化に対して波長測定誤差を減少させることができる。

【0013】請求項2の時間分割型波長監視装置は、高精度に安定化した基準波長光を波長監視回路に入力し、基準波長光の波長弁別により得られる誤差量を負帰還する構成である。これにより、波長監視回路の高確度化を実現することができる。

【0014】請求項3の時間分割型波長監視装置は、波長多重光を分波する光分波器としてアレイ導波路回折格子を用いる構成である。請求項4の時間分割型波長監視装置は、光分波器および波長監視用として用いる2つのアレイ導波路回折格子を同一基板上に構成する。

【0015】請求項5の時間分割型波長監視装置は、光分波器および波長監視用として用いる2つのアレイ導波路回折格子を1つのアレイ導波路回折格子で構成する。請求項6の時間分割型波長監視装置は、光ゲートスイッチとして1×2光スイッチを用い、その一方の出力を波長監視回路に入力する構成である。

【0016】請求項7の時間分割型波長監視装置は、光ゲートスイッチとして用いられる1×2光スイッチの他方の出力に光検出器を接続し、光強度を測定する構成である。

【0017】

【発明の実施の形態】(第1の実施形態:請求項1, 2, 3)図1は、本発明の時間分割型波長監視装置の第1の実施形態を示す。

【0018】図において、複数の波長光入1~入nを多重した波長多重光は、光分波器として用いられるアレイ導波路回折格子21の所定の入力ポートに入力され、その入力ポートに応じた所定の出力ポートにそれぞれ各波長光が分波して出力される。ここでは、出力ポート#1~#nに波長光入1~入nが分波されるものとする。分波された各波長光は、それぞれ個別にオン/オフする複数の光ゲートスイッチ22に入力される。各光ゲートスイッチ22はスイッチ制御回路23により、監視対象の1つの波長光のみが出力されるようにオン/オフ制御される。

【0019】各光ゲートスイッチ22の出力と、波長監視用のアレイ導波路回折格子11の各入力ポート#1~#nがそれぞれ接続される。アレイ導波路回折格子11は、透過中心波長間隔が波長多重光の波長間隔に設定された複数の出力ポートを有し、各光ゲートスイッチ22からそれぞれ対応する入力ポートに個別に入力される各波長光を所定の隣接する2つの出力ポート#j, #j+1に出力する。

【0020】また、アレイ導波路回折格子11の所定の入力ポート#mには、原子または分子の吸収線に絶対周波数安定化された基準波長光入refが入力され、所定の隣接する2つの出力ポート#k, #k+1に出力される。

【0021】アレイ導波路回折格子11の温度はサーミスタ12で検出されて温度制御回路13に入力され、ベ

ルチエ素子14によって所定の温度に制御される。アレイ導波路回折格子11の出力ポート#j, #j+1, #k, #k+1には、それぞれ光検出器15が接続され、後段の演算手段（例えば対数増幅器）16から波長監視出力が得られる。基準波長光入refに対する波長監視出力（誤差信号）は、負帰還ループを介して温度制御回路13に帰還され、隣接する出力ポートの透過特性の交差周波数を一定値に制御する。

【0022】以上示したアレイ導波路回折格子21, 11における各波長光の合分波の様子を図2に示す。なお、アレイ導波路回折格子11は、図10に示す従来構成では光分波器として機能しているが、ここでは異なる入力ポートから入力された各波長光を出力ポート#j, #j+1に出力する光合波器として機能させている。ただし、各波長光は光ゲートスイッチ22を介して個別に入力されるので、各波長光が出力ポート#j, #j+1から個別に出力されることになる。

【0023】図3(1)は、光分波器として用いられるアレイ導波路回折格子（光分波器用AWG）21の透過特性を示す。図3(2)は、光ゲートスイッチ22の出力レベル（波長監視用のアレイ導波路回折格子（波長監視用AWG）11の各入力ポートの入力レベル）を示す。ここでは、波長光入iが入力される光ゲートスイッチ22がオンになり、他の波長光が入力される光ゲートスイッチ22がオフとなる場合を示す。この出力レベル差は、光ゲートスイッチ22の消光比に基づく。波長光入i以外はクロストーク成分となる。

【0024】図3(3)は、波長監視用AWG11の透過特性を示す。特に、入力ポート#iからみた出力ポート#j, #j+1の透過特性を太線で示す。この波長監視用AWG11は、あらかじめ監視対象の波長光入iが出力ポート#j, #j+1の透過特性の交差点になるように設定されている。

【0025】図3(4)は、波長監視用AWG11の出力ポート#j, #j+1の出力を示す。監視対象の波長光入iと他の波長光のレベル差は、光ゲートスイッチ22の消光比と波長監視用AWG11の透過特性のクロストークに基づく。

【0026】図4(1)は、第1の実施形態における波長弁別特性を示す。ここでは、アレイ導波路回折格子1, 21の規格化透過幅（ $\Delta\nu/\Delta\nu_{sp}$ ）を0.6、クロストークXTを-25dB、光ゲートスイッチ22の消光比を35dBとし、クロストークなしの波長弁別特性を破線、1波長入力での波長弁別特性を一点鎖線、32波長入力の場合の波長弁別特性を実線で示す。なお、一点鎖線と実線はほとんど重なっている。

【0027】図4(2)は、1波長入力時の波長弁別特性に対する32波長入力時の波長弁別特性の誤差量を示す。図13(2)の従来構成における誤差量に比べて2桁小さくなっている。入力される波長多重数の変動に対して波

長弁別特性の変動は極めて小さいことがわかる。例えば、波長弁別範囲（±0.25）において、従来構成は±8dBの波長弁別誤差が生じるのに対して、本実施形態では±0.03dBと極めて小さい。また、本実施形態の構成では、波長弁別範囲として、規格化周波数範囲±0.5まで測定することが可能である。

【0028】ここで、高精度な波長測定を行うには、クロストークがない場合の直線近似をもとに誤差量を算出する代わりに、1波長入力での波長弁別特定データをもとに補正した補正曲線を適用すればよい。また、補正曲線を得るには波長掃引光源などを用い、波長を掃引しながら波長監視回路出力をデータとして取り込み、回路内に保持しておくことにより実現可能である。例えば上記のような補正を用いる場合には、本実施形態の波長測定誤差は±0.03dBとなり、100GHz等間隔波長多重光に対して、ガウス形状で波長弁別特性の直線の傾きを1.5GHz/dBとすると、0.05GHz程度の波長誤差となる。

【0029】(第2の実施形態：請求項1, 2, 3, 6, 7)図5は、本発明の時間分割型波長監視装置の第2の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、光ゲートスイッチ22として1×2光スイッチ24を用い、その一方の出力をアレイ導波路回折格子11の各入力ポートに接続し、他方の出力に光検出器25に接続するところにある。スイッチ制御回路23は、1つの1×2光スイッチ24の出力をアレイ導波路回折格子11の入力ポートに接続し、他の1×2光スイッチ24の出力を光検出器25に接続し、監視対象波長以外の波長光の光強度を測定する。その他の構成は、第1の実施形態と同様である。

【0030】なお、光強度の相対強度を知る場合には、光検出器出力の初期値からの変動量を測定することにより可能である。また、絶対強度を必要とする場合には、既知の光強度を有する波長可変光源を波長掃引しながら、波長に対する各光検出器出力を測定し、回路内に保持することにより可能である。

【0031】(第3の実施形態：請求項1, 2, 3, 5, 6, 7)図6は、本発明の時間分割型波長監視装置の第3の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、光分波器として用いられるアレイ導波路回折格子(21)および波長監視用のアレイ導波路回折格子(11)を1つのアレイ導波路回折格子31により構成したところにある。その他の構成は、第2の実施形態と同様である。

【0032】アレイ導波路回折格子31は、設計により図7のようなポート配置が可能である。入力ポート#0から波長多重光を入力し、出力ポート#1～#nに各波長光入1～入nを分波して出力する。さらに、入力ポート#n+1～#2nから個別に各波長光入1～入nを入力し、出力ポート#j, #j+1から出力する。このアレイ導波路回折格子41の透過特性を図8に示す。

【0033】図8(1)は、入力ポート#0からみた透過

特性を示す。例えば、入力ポート#0から波長多重光 ($\lambda 1 \sim \lambda 10$) を入力すると、出力ポート#1～#10にそれぞれ波長光 $\lambda 1 \sim \lambda 10$ が分波して出力される。

【0034】図8(2), (3)は、出力ポート#j, #j+1からみた透過特性を示す。本特性は、入出力ポートを反対にしても同様である。例えば、入力ポート#17からの入力に対して、出力ポート#j, #j+1の透過中心波長の中間に波長 $\lambda 1$ がくるように設計する。ここで、出力ポート#1と入力ポート#17を 1×2 光スイッチを介して接続し、入力ポート#17から波長光 $\lambda 1$ を入力したときに、図8(2), (3)に太線で示す透過特性を利用して波長弁別を行う。

【0035】(第4の実施形態: 請求項1, 2, 3, 4, 6, 7) 図9は、本発明の時間分割型波長監視装置の第4の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、1つのPLC基板41上に、光分波器として用いられるアレイ導波路回折格子21および波長監視用のアレイ導波路回折格子11を独立に構成したところにある。その他の構成は、第3の実施形態と同様である。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の時間分割型波長監視装置は、波長多重光の各波長光について個別に波長弁別を行う構成であるので、波長多重数が増大した場合でもクロストーク成分の影響を最小限に抑え、測定波長誤差を極めて小さくすることができる。すなわち、波長数変動に対する波長弁別特性の変化を極めて小さくすることができる。また、従来構成に比べて、波長弁別測定範囲を2倍程度まで拡大することができる。

【0037】請求項2の時間分割型波長監視装置は、波長監視用として、基準波長光の波長に安定化されたアレイ導波路回折格子を用いることにより、長期に渡って安定した波長弁別を行うことができる。

【0038】請求項3～5の時間分割型波長監視装置は、光分波器および波長監視用として2つのアレイ導波路回折格子を用いることにより、小型化および高信頼化を達成することができる。

【0039】請求項6, 7の時間分割型波長監視装置は、光ゲートスイッチとして 1×2 光スイッチを用いる

ことにより、波長監視以外の波長光の光強度測定を可能にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の時間分割型波長監視装置の第1の実施形態を示すブロック図。

【図2】アレイ導波路回折格子21, 11における各波長光の合分波の様子を示す図。

【図3】第1の実施形態の動作を説明する図。

【図4】第1の実施形態の波長弁別特性を示す図。

【図5】本発明の時間分割型波長監視装置の第2の実施形態を示すブロック図。

【図6】本発明の時間分割型波長監視装置の第3の実施形態を示すブロック図。

【図7】アレイ導波路回折格子31のポート配置例を示す図。

【図8】アレイ導波路回折格子31の透過特性を示す図。

【図9】本発明の時間分割型波長監視装置の第4の実施形態を示すブロック図。

【図10】従来の波長監視回路の構成例を示すブロック図。

【図11】アレイ導波路回折格子11の透過特性を示す図。

【図12】アレイ導波路回折格子11の隣接する2つの出力ポートの透過特性を示す図。

【図13】従来構成の波長弁別特性を示す図。

【符号の説明】

1.1, 2.1, 3.1 アレイ導波路回折格子

1.2 サーミスタ

1.3 温度制御回路

1.4 ベルチエ素子

1.5 光検出器

1.6 演算手段

2.2 光ゲートスイッチ

2.3 スイッチ制御回路

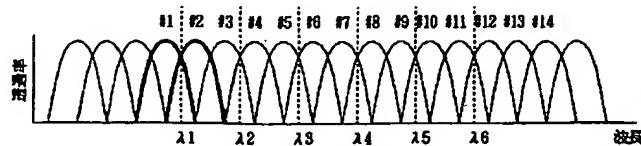
2.4 1×2 光スイッチ

2.5 光検出器

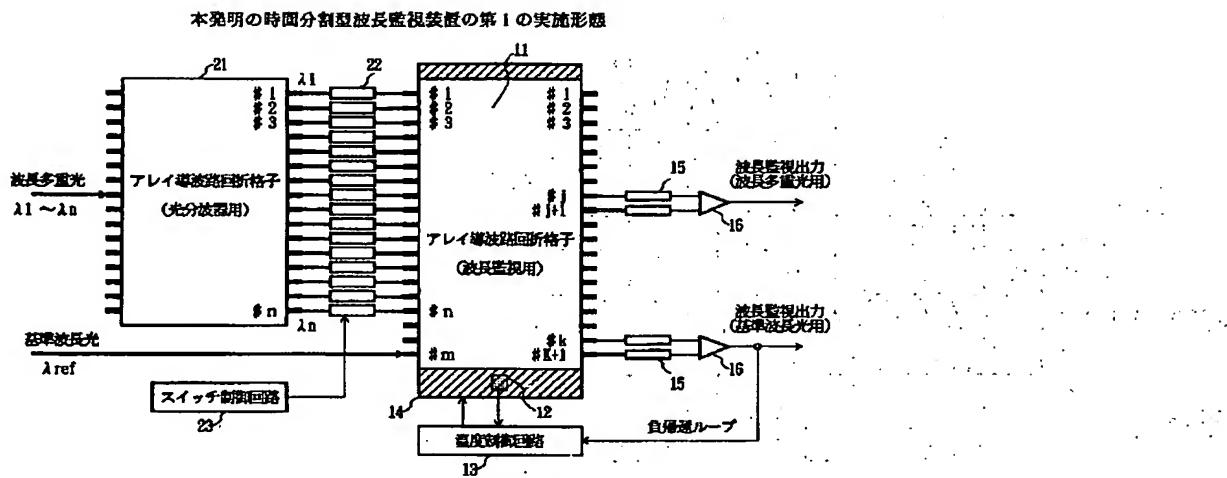
4.1 PLC基板

【図11】

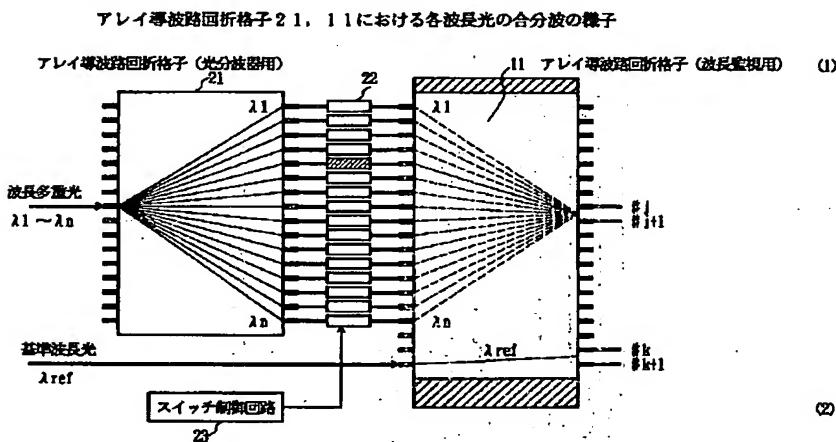
アレイ導波路回折格子11の透過特性



【図1】

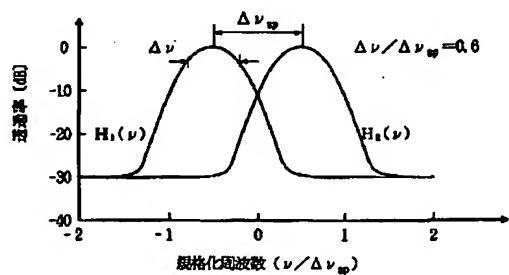


【図2】



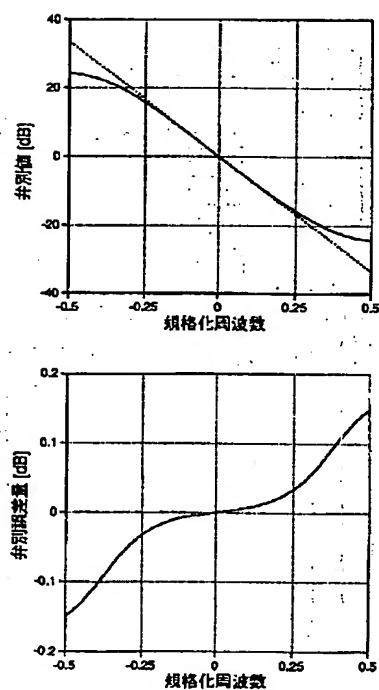
【図12】

アレイ導波路回折格子 11 の調接する 2 つの出力ポートの透過特性

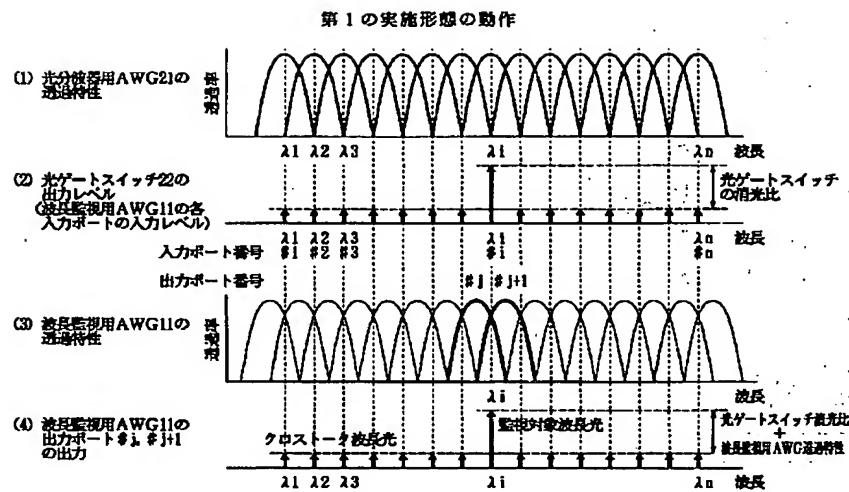


【図4】

第1の実施形態の波長弁別特性



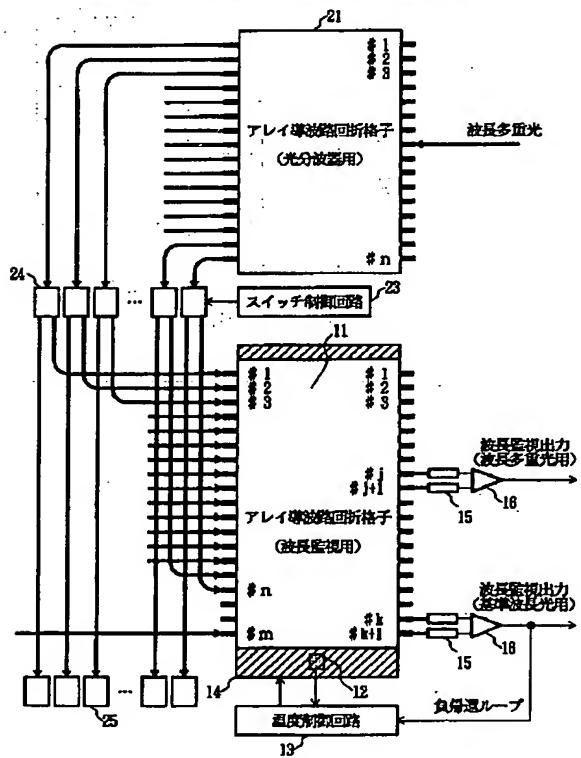
【 3】



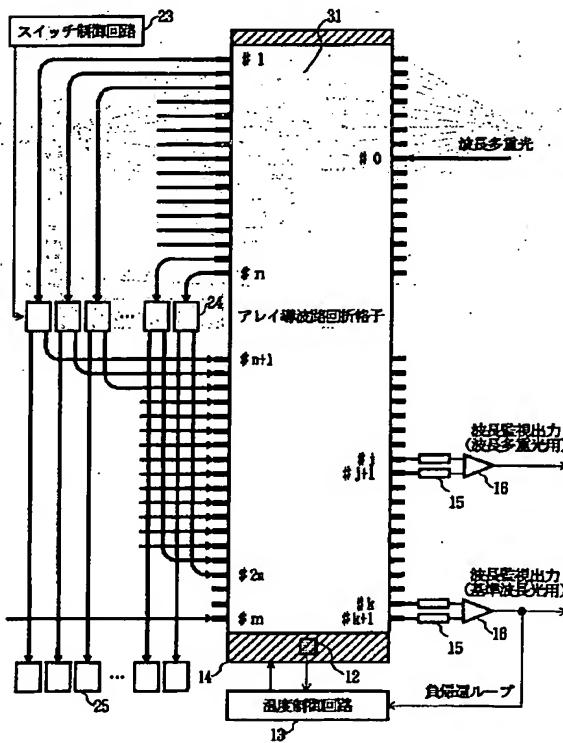
【図5】

【図6】

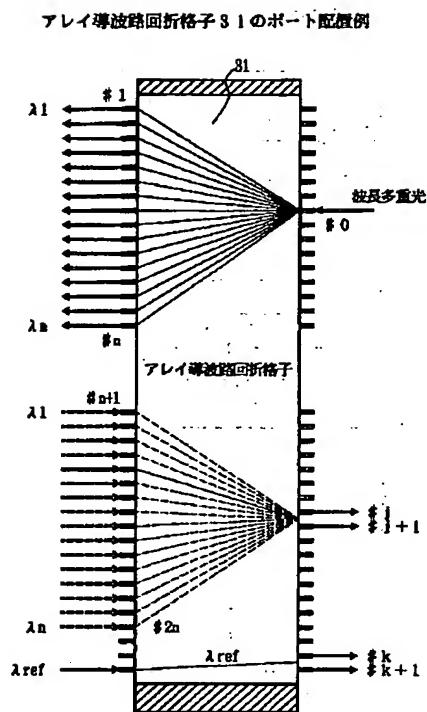
本発明の時間分割型波長監視装置の第2の実施形態



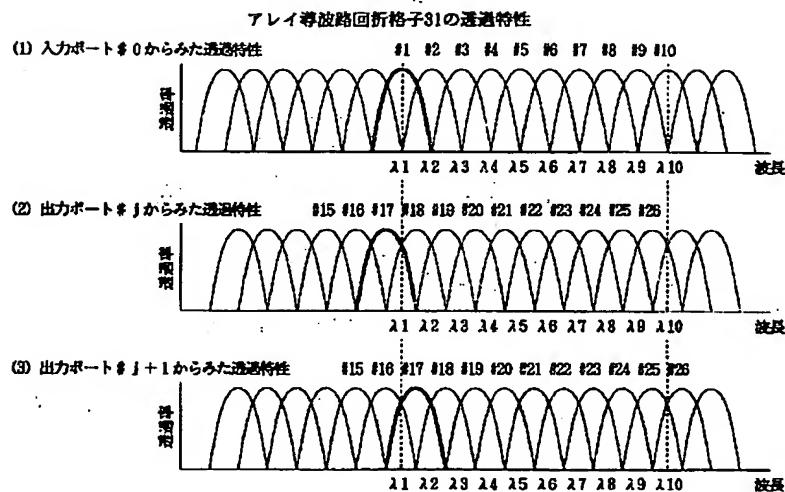
本発明の時間分割型波長監視装置の第3の実施形態



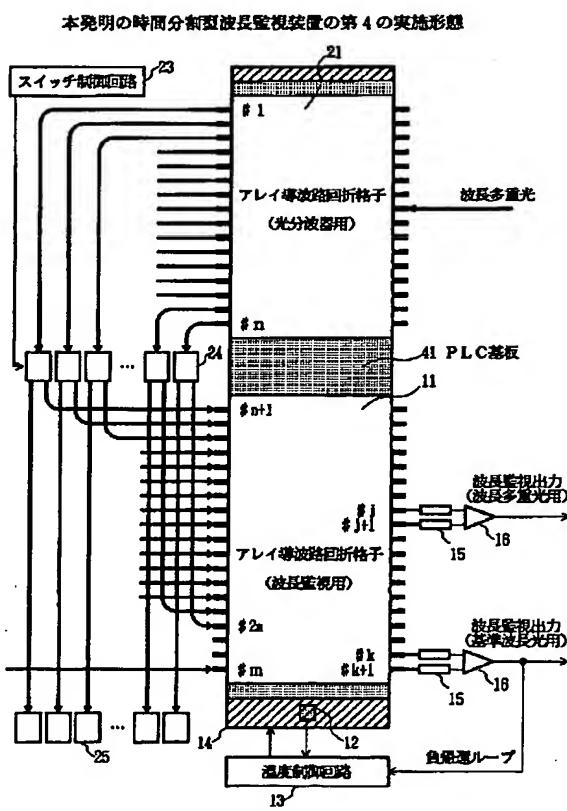
【図7】



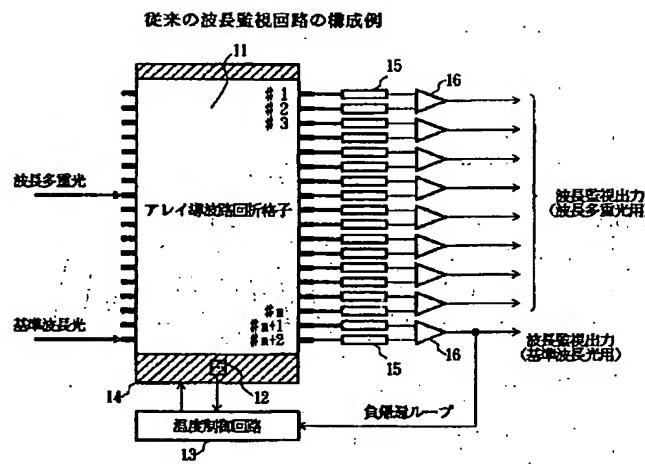
【図8】



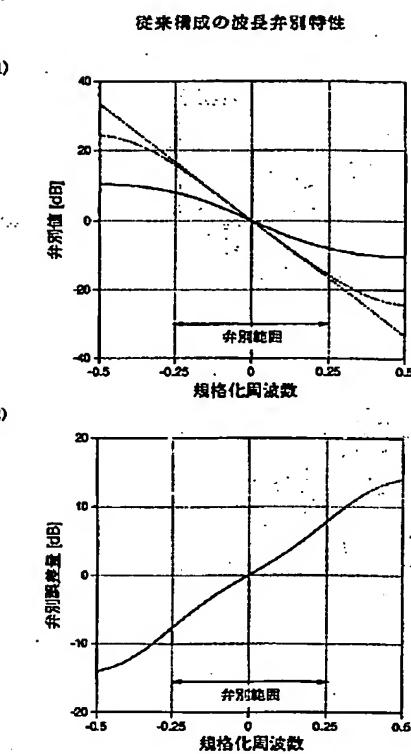
【図9】



【図10】



【図13】



100-1000
100-1000
100-1000
100-1000
100-1000

This Page Blank (uspto)